

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 31320121152093

UDC _____

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

铝冶炼行业能源替代及电解铝节能潜力研究

Energy conservation of electrolytic aluminum industry and
inter-factor substitution of aluminum smelting industry in
China

许霖

指导教师姓名: 林伯强教授

专 业 名 称: 能源经济学

论文提交日期: 2015.3.31

论文答辩时间: 2015.5.20

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2015 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(厦门大学能源经济与能源政策协同创新中心和中国能源经济研究中心)课题(组)的研究成果,获得(厦门大学能源经济与能源政策协同创新中心和中国能源经济研究中心)课题(组)经费或实验室的资助,在(厦门大学能源经济与能源政策协同创新中心和中国能源经济研究中心)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

这篇论文从选题、建模、数据筛选、结果讨论分析、政策建议到后期修改，都是我与导师共同讨论，确定下来的。铝冶炼行业是一个典型的高耗能产业，铝冶炼行业产值近年占 GDP 比重不到 1%，能源消耗却占全社会能源消耗的 1.37%。其中，电解铝行业是中国六大耗能行业之一，2011 年电解铝行业能源消耗占全社会能源消耗的 0.91%，电力消费占有色金属工业电力消费总量的 80%。

在国家“十二五”总量控制的大背景下，铝冶炼及电解铝行业正处于产业升级发展的阵痛期，承担着相应的节能减排义务。考虑到这点，研究铝冶炼行业的投入要素的产出弹性和替代弹性，能够有利于我们了解行业发展的状态和趋势，为产业进一步升级提供可靠的建议。本文通过建立包括劳动投入、能源及资本存量的超越对数生产函数，对铝冶炼能源替代问题进行研究，并采用岭回归来解决解释变量之间的自相关问题。结果表明：1980-2011 年间，铝冶炼行业能源的产出弹性最高，劳动的产出弹性最低，与铝冶炼行业是能源-资本趋向型行业的现实相符；资本-劳动-能源投入的产出弹性逐年递增，且增长的速度较快，这反映了铝冶炼行业依然处于上升期；劳动对能源和资本的替代弹性较高，并呈现出逐年下降的趋势，资本对能源的替代弹性在 0.87-0.90 之间，呈现出逐年上升的趋势，从长远看，当技术发展到较为成熟的阶段，铝冶炼行业资本投入对能源的替代弹性必将超过劳动对能源的替代弹性。

在研究铝冶炼行业能源替代问题的基础上，本文有针对性地继续对铝冶炼中耗能最多的子行业电解铝行业进行节能潜力分析。本文通过协整方法确定了电解铝行业的能源消耗与行业内企业平均规模、行业电价、行业产量之间的长期均衡关系，使用蒙特卡洛模拟和情景分析法对不同节能情景下中国电解铝行业的能源消耗和节能潜力进行预测与风险分析。研究表明：企业平均规模、电力价格的提高有助于降低电解铝产业的总能耗；我国电解铝产业未来的节能潜力较大，若按照中等节能情景来估算，2020 年中国电解铝产业的节能潜力将达到 3051 万吨标准煤。如果从高等节能情景看，到 2020 年将节约 4993 万吨标准煤。针对模型计算的结果，我们为铝冶炼和电解铝行业的发展提出了一些切实可行的建议。

关键词：铝冶炼；能源替代；节能潜力

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The aluminum smelting industry is a typical energy-intensive industry. With the production value making up less than 1% of GDP in recent years, the energy consumption of China's aluminum smelting industry (CASI) in 2010 accounted for 1.37% of China's total energy consumption and 61% of the total energy consumption of the non-ferrous metal smelting industry. Among it, the electrolytic aluminium industry is one of the six largest energy-consuming industries in China. The energy consumption of China's electrolytic aluminium industry (CEAI) in 2011 accounted for 0.91% of China's total energy consumption and the electricity consumption of CAEI accounted for 80% of the total electricity consumption of the non-ferrous metal industry.

In consideration of the bulk of energy used in the smelting process in the non-ferrous metal industry, CASI and CAEI assume the corresponding obligations of energy conservation and emissions reduction. Studying elasticity of input-output and substitution of CASI can help us to understand the status and trends of the industry and provide reliable suggestions for the further upgrade of the industry. In this paper, through the establishment of transcendental logarithmic production function, we make an analysis of the problem of the energy substitution of CASI, and solve the autocorrelation among labor, energy and capital stock by using ridge regression. Results showed that in the period of 1980-2011, energy output elasticity of CASI was the highest, output elasticity of labor was the lowest, which in tune with the realities that the aluminum smelting industry is energy-capital intensive industry. Input-output elasticity of capital, labor and energy were increasing year by year, and growth rates were fast, which reflects the CASI is experiencing a boom period. The labor substitution elasticity of energy and capital were high, reflecting a downward trend year by year; the capital substitution elasticity of energy was between 0.87-0.90, showing a rising trend year by year. In the long run, when technology had advanced, we would expect that the capital substitution elasticity of energy would be more than

the labor substitution elasticity of energy in CASI.

Based on the research of CASI's energy substitution problem, this paper continue to make a research of energy conservation of China's electrolytic aluminum industry (CEAI), which is one of the most energy-consuming industry in CASI. Using the co-integration method, the long-term equilibrium relationship among the energy consumption of CEAI, output, electricity price and average enterprise scale is obtained. Thereafter the Monte-Carlo simulation is used to forecast energy consumption and energy conservation potential of CEAI under different energy conservation scenarios, and conduct risk analysis. The research shows that increase in the price of electricity and enterprise scale is helpful to reducing the total energy consumption of CEAI. The future energy conservation potential of CEAI is large. According to the result of the analysis the energy conservation potential of CEAI in 2020 will reach 30.51 Mtce under the moderate energy conservation scenario and 49.93 Mtce under the advanced energy conservation scenario. Some corresponding policy suggestions are recommended in this paper.

Key words: Aluminium smelting industry; Inter-factor substitution; Energy conservation potential.

目 录

摘要..... |

第一章 绪论.....1

 1.1 选题背景及研究意义.....1

 1.2 文献综述.....6

 1.2.1 能源替代及节能潜力研究现状.....6

 1.2.2 我国铝行业及电解铝研究现状.....7

 1.3 论文内容及结构安排.....8

 1.4 主要创新.....9

第二章 研究方法.....12

 2.1 超越对数生产函数.....12

 2.2 协整方法.....15

 2.3 风险分析.....17

第三章 铝冶炼行业能源替代效应研究.....18

 3.1 数据来源与参数选择.....18

 3.2 模型结果.....19

 3.3 本章小结.....26

第四章 电解铝行业节能潜力研究.....28

 4.1 数据来源与参数选择.....28

 4.2 模型检验与结果.....30

 4.2.1 单位根检验.....30

 4.2.2 滞后阶数检验.....31

 4.2.3 协整检验结果.....32

 4.2.4 平稳性检验.....33

 4.2.5 模型拟合结果.....34

 4.3 实证研究与能源需求预测.....34

 4.3.1 风险分析.....34

 4.3.2 多情景下能源需求预测与节能潜力研究.....38

 4.4 本章小结.....42

第五章 结论与政策建议.....44

 5.1 主要结论.....44

 5.2 政策建议.....45

 5.3 研究展望.....50

参考文献.....51

致谢.....57

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

Abstract	
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and significance	1
1.2 Literature review	6
1.2.1 Review of energy conservation and inter-factor substitution	6
1.2.2 Review of China's aluminum smelting and electrolytic aluminum industry	7
1.3 Paper framework	8
1.4 Innovation points and inadequate	9
Chapter 2 Methods	12
2.1 Trans-log Production Function	12
2.2 Co-integration	15
2.3 Risk analysis	17
Chapter 3 Inter-factor substitution of aluminum smelting industry	18
3.1 Data sources	18
3.2 Results	19
3.3 Chapter summary	26
Chapter 4 Energy conservation of electrolytic aluminum industry	28
4.1 Data sources	28
4.2 Results	30
4.2.1 Unit root tests	30
4.2.2 Selection of lag intervals for VAR model	30
4.2.3 Co-integration model results	31
4.2.4 Stability test	32
4.2.5 Model fitting accuracy	33
4.3 Discussion	34
4.3.1 Risk analysis	34
4.3.2 Future energy demand and energy conservation potential in scenario analysis	38
4.4 Chapter summary	42
Chapter 5 Conclusions and recommendations	44

5.1 Conclusions.....	44
5.2 Policy recommendations.....	45
5.3 Forward research.....	50
Reference.....	51
Postscript.....	57

第一章 绪论

1.1 选题背景及研究意义

2013 年我国发布《能源发展“十二五”规划》 [1]，提出了 2015 年能源发展的主要目标，要求实现能源消费强度和能源消费总量双控制，能源消费总量 40 亿吨煤，单位国内生产总值能耗比 2010 年下降 16%。国务院发布的《节能减排“十二五”规划》 [2]，对有关领域、行业的节能减排提出了明确的任务和要求，这对包括铝冶炼（电解铝）在内的高耗能产业发展提出了更高的要求。

按照《国民经济行业分类 GB/T4754-2002》，铝冶炼行业（代码 3316）是指对铝矿山原料通过冶炼、电解、铸型及对废杂铝料进行熔炼等提炼铝的生产活动（主要包括氧化铝生产和电解铝生产）。2010 年铝冶炼行业产值占 GDP 比重仅为 0.74%，但能源消耗却占全社会能源消耗的 1.37%。铝冶炼行业是一个典型的高耗能产业，作为有色金属行业中冶炼耗能最多的行业，在国家“十二五”总量控制的大背景下，承担着相应的节能减排义务。

有色金属行业的用电量一般占我国总用电量的 6%-7%，行业用电量中，有色金属行业仅次于黑色金属和化工行业。其中，又以电解铝行业用电最多，电解铝行业的电力消费占有色金属工业电力消费总量的 80%，2010 年，我国电解铝冶炼耗电量约为 2184 亿千瓦时，约占全社会用电量 41923 亿千瓦时的 5.2%。2011 年电解铝行业的能源消耗占全社会能源消耗的 0.91%，占有色金属行业总能耗的 22.7%，是铝冶炼行业中耗能最多的子行业。电解铝行业历年能源消耗如图 1-1，占全国比值见图 1-2。从图中可以看出，电解铝能源消费总量和占全国总能耗的比值都有强烈上升趋势。

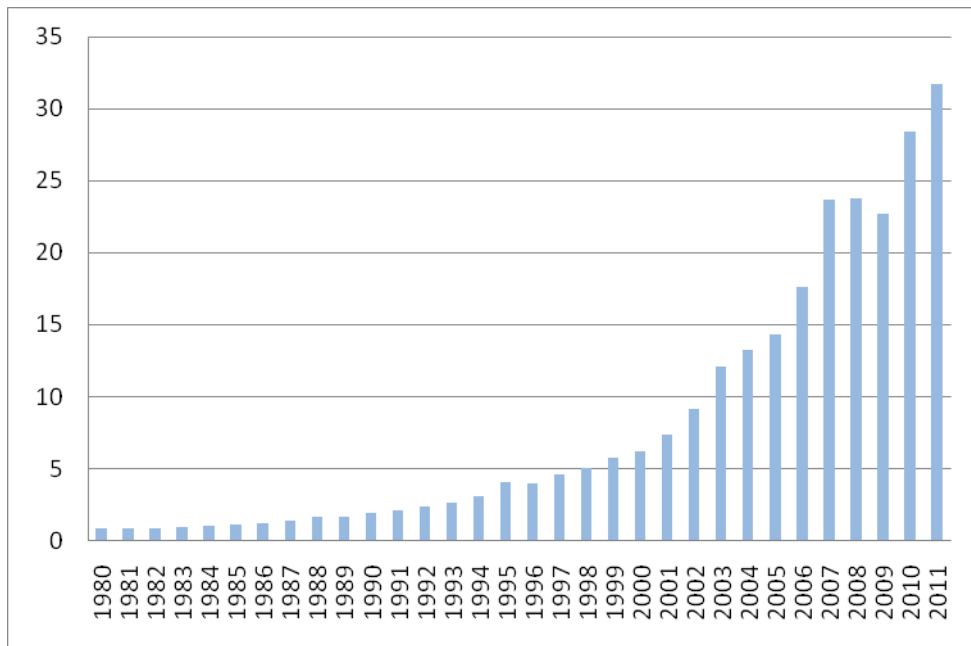


图 1-1 电解铝行业历年能源消费总量 单位：Mtce

来源：CEIC；有色金属工业协会，中国有色金属工业年鉴，1990-2012，笔者计算制表。

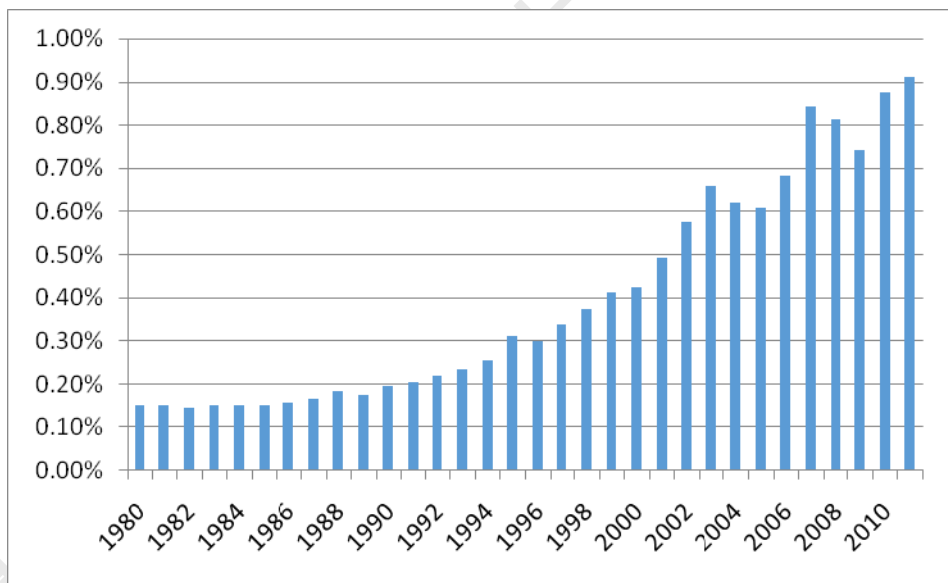


图 1-2 全国能源消费中电解铝行业能源消费占比 单位：%

来源：CEIC；有色金属工业协会，中国有色金属工业年鉴，1990-2012，笔者计算制表。

如表 1-1 所示，铝冶炼行业的发展与宏观经济之间有一定的相关性，国民经济快速发展的时期，带动铝冶炼行业快速发展，而铝冶炼行业的供给不足则导致大量投资行为的发生，投资过度后行业产能过剩又导致行业增速下降。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库